

# 第 1 章

---

## CAD 概述

### 1.1 CAD 技术

计算机辅助设计(computer aided design,CAD)的基本含义是指在设计开发过程中,工程技术人员在计算机硬件、软件系统的支持下,根据产品设计开发流程完成产品设计的一项技术,是人类智慧与计算机系统硬件和软件功能的巧妙结合。CAD 系统是以计算机为辅助工具平台进行产品设计、工程开发的系统。

CAD 技术在机械产品设计开发中的应用是现代工程技术领域中发展最迅速、最引人注目的一项高级工程应用技术,它的发展水平已成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化的重要标志之一;它是提高工程和产品开发技术水平、实现设计自动化和智能化、缩短新产品设计开发周期、促进标准化技术应用和发展的重要手段;它在提高企业创新能力和管理水平,增强企业产品市场竞争能力方面,发挥着重要作用;它是计算机辅助制造(computer aided manufacturing,CAM)、计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system,CIMS)发展的重要基础。CAD 技术的应用及发展促进了产品工程设计与制造领域深刻的技术革命,并对产品结构、产业结构、企业结构、管理结构、生产方式以及人才知识结构带来巨大影响。

早期的 CAD 也就是代替图板的计算机辅助绘图(computer aided drawing,CAD)工具,以完成图形的设计与绘制工作为主。伴随着计算机硬件技术的发展及其性能的突飞猛进,计算机辅助设计技术运用了计算机图形学、虚拟现实技术、数字仿真技术、工程数学、物理、力学、人工智能等基础学科的理论成果,以及优化设计、可靠性设计、有限元分析和系统工程等知识。CAD 技术改变了传统的设计方式、工程开发的思维逻辑,提出了新的设计理念,把设计人员从繁琐、机械的设计工作中解脱出来,使其将精力和聪明才智转移到创造性的设计过程中,大大提高了产品设计的精确度和可靠性,缩短了产品设计周期,减少了产品开发中的样机实验验证环节,降低了新产品的开发成本。

在工程实践中,不同专业领域的 CAD 系统的硬件和软件的配置与组织也不尽相同。在本书中,主要集中在机械领域的 CAD 技术方面进行专门的讨论。

机械 CAD 技术本身是一项综合性、技术复杂的系统工程,涉及许多学科领域,如计算机科学和工程、计算数学、几何造型、计算机图形显示、数据结构和数据库、仿真和人工智能技术以及与产品设计制造有关的专业知识等。机械 CAD 技术的普及应用对改造传统产业、发展新兴产业、提高劳动生产率、降低材料消耗、增强 WTO 环境下的产品国际竞争能力均有巨大推动作用,CAD 技术及其应用水平已经成为衡量一个国家科学技术和工业现代化水平的重要标志。

## 1.2 CAD 技术的发展

20 世纪 40 年代,世界上第一台计算机问世,在之后的十多年间,计算机主要用于科学分析计算。尽管当时计算机系统已经开始配备图形显示器,由于计算机图形学理论还没有形成,显示器性能差,尚未具备人机交互功能。美国麻省理工学院的“旋风号”计算机就是这样的系统。20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制的空中防御系统能将雷达信号转换为显示器上的图形,操作者用光笔在显示屏上拾取所需信息,这种功能的出现预示着交互图形生成技术的诞生。

1963 年,美国麻省理工学院的 I. E. Sutherland 在他的博士论文中提出了 SKETCHPAD 系统。该系统采用计算机 TX2,用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能;计算机可根据光笔指定的点画直线,或者按光笔指定的圆心和半径画圆等。该系统对符号和图案的存储采用分层数据结构,即一幅完整复杂的图形可以通过分层调用各个有关子图来合成。尽管该系统比较原始,但是这些基本理论和技术至今仍是 CAD 技术的基础。因此,这种 SKETCHPAD 系统被公认为对图形交互生成和显示技术的发展奠定了基础。

无论是在产品设计还是工程设计过程中,要以二维图形或者三维模型显示各个阶段的设计结果。所以,计算机图形学和图形显示技术是 CAD 技术的重要基础之一。

交互图形生成技术的出现,促进了 CAD 技术的迅速发展。20 世纪 60 年代中期以后,美国一些大公司投入相当多的资金对 CAD 技术进行研究和开发,研制了一些 CAD 系统。如 IBM 公司的 SMS、SLT/MST 设计自动化系统;洛克希德公司的主要用于二维绘图的 CADAM 系统;美国通用汽车公司为设计汽车车身和外形而开发的 CAD-1 系统,该系统在大型计算机上运行,成为该公司设计轿车和卡车必不可少的工具;美国 CDC 公司开发了 Digigraphic CAD 系统。这一时期 CAD 系统的特点是:软、硬件一体化,以大型计算机为主机,规模庞大,价格昂贵。只有经济实力雄厚和技术力量强大的大型企业和研究单位才能问津,给研究和应用 CAD 技术戴上了“贵族”面纱。

从 20 世纪 60 年代末期至 20 世纪 70 年代中期,CAD 技术的发展促进了商品化硬件和软件的出现。这一时期计算机硬件的性价比不断提升,图形输入板、大容量磁盘存储器和低价存储管显示器以及数据管理系统等相继出现,以小型和超小型计算机为主机的 CAD 系统成为市场主流,并相继出现一批专门经营 CAD 系统硬件和软件的公司,如 Intergraph、Calma、Application 等。这些 CAD 系统的硬件和软件配套齐全,被称为“交钥匙”系统(turnkey system)。与大型计算机 CAD 系统相比,其价格相对便宜,使用和维护相对简单,使 CAD 技术的应用范围得到扩展。这一时期 CAD 系统应用领域主要集中在航空、电子和机械工业部门,同时对三维几何造型技术的研究也已经开始。

20 世纪 70 年代末,集成电路芯片制造技术的发展,以及 32 位工作站和微型计算机的出现,对 CAD 技术的发展产生了极大的推动作用。32 位工作站计算机系统具有响应速度快、工作站之间可以联网以达到系统内资源共享和发挥各台计算机的特点,特别适用于 CAD 系统硬件平台,用户可以根据工作需要和经济条件以及 CAD 技术的发展逐步

投资,逐步发展扩大 CAD 系统的功能和规模。20 世纪 80 年代中期之后,这种以工作站为基础的 CAD 计算机硬件系统功能达到甚至超过传统的小型机系统。这种系统的硬件制造商只提供计算机硬件和 CAD 系统软件,而应用软件则由专门的软件公司研制和销售。在我国市场上销售这类硬件产品的公司主要有 IBM、HP、SUN、COMPAQ、联想、浪潮、长城、DELL 等公司。

进入 20 世纪 80 年代,随着计算机硬件制造技术的飞速发展,微型个人计算机(PC)的性能价格比快速提高,大多数 CAD 软件开发商都提供以 PC 机为主机的 CAD 系统。这类系统虽然容量小、处理速度慢,但价格便宜,应用软件丰富,便于学习和维护。微机版本 CAD 软件系统的出现成为普及 CAD 技术的直接推动力。早期微机版本的 CAD 软件系统有 Cimatron90、AutoCAD、MasterCAM、SurfaceCAM、CADkey 等。随着网络技术的发展,PC 机可以共享系统资源,并可以替代工作站完成大部分的 CAD 作业,很适合中、小企业和刚开始应用 CAD 技术的单位。

我国在 CAD 技术方面的研究开始于 20 世纪 70 年代中期,当时主要研究单位是高等学校,主要研究开发二维绘图软件,并利用绘图机输出二维图形。20 世纪 80 年代初,我国有些大型企业和设计院成套引进 CAD 系统,在此基础上进行开发和应用,取得了一定成果。随着改革开放和商品经济的发展,在 20 世纪 80 年代中后期,我国 CAD 技术有了较大发展,CAD 技术被更多人所注意。进入 20 世纪 90 年代后,国家科委、各工业部门十分重视 CAD 技术的发展,并有计划、有步骤地在全国各地 CAD 培训基地对有关人员进行 CAD 技术培训,提高有关人员的 CAD 素质和技能。“九五”期间,国家科委颁布了《1995—2000 年我国 CAD 应用工程发展纲要》,原机械部颁发了《机械工业 1995—2000 年推广应用 CAD/CAM 技术发展规划》,并把 1997 年定为“CAD 推广年”,把 CAD 推广工作作为重中之重的项目。在我国,CAD 技术是科研单位提高自主研究开发能力、企业提高应变能力和提高劳动生产率的重要条件,是促进传统技术发生革命性变化的重要手段,是缩短与发达国家差距、把国民经济搞上去、实现社会主义现代化建设目标的重要措施。航空、汽车和造船工业是应用 CAD 技术较早的部门,产品技术水平得到显著的提升。

CAD 技术作为当代最杰出的工程技术之一,已经在机械制造、建筑工程、轻工化纺、船舶汽车、航空航天等各个领域广泛应用,在产品设计中带来了明显的经济效益。例如,美国的波音 747 飞机比英国的三叉戟飞机晚开工,但由于波音公司采用了 CAD 技术,比英国提早一年完成;美国的 GM 公司在汽车设计中应用 CAD 技术,使新型汽车的设计周期由 5 年缩短到 3 年,新产品的可信度由 20% 提高到 60%;日本东洋运搬机株式会社生产叉车设备,用户有新要求,需要更改设计,因为采用了 CAD 技术,在 15 日内即可交货,工作效率比一般企业高出近 100 倍;美国一家医疗仪器公司,采用 CAD 技术,把一个本来需要两个月以上的复杂电子心脏定调器的设计周期缩短到两周内完成;美国、法国、日本等国家利用 CAD 技术进行车辆冲撞分析研究,帮助设计人员选择车辆的材料及结构,以确保乘客的安全,获得很好的效果。波音公司 1990 年在设计和制造 777 型飞机时,全面采用 CAD/CAM 技术,机上 13 万多种专门设计的零件、全机总数 300 多万件零件使用数字化设计,实现了人们多年来追求的理想——“无图化设计”。

## 1.3 CAD 系统的软件组成

在整个 CAD 系统中,计算机硬件、CAD 软件系统是 CAD 系统基本组成部分。典型的 CAD 系统除计算机主机、外部设备、图形终端外,还应包括 CAD 软件系统和掌握 CAD 技术的工程技术人员,如图 1-1 所示。

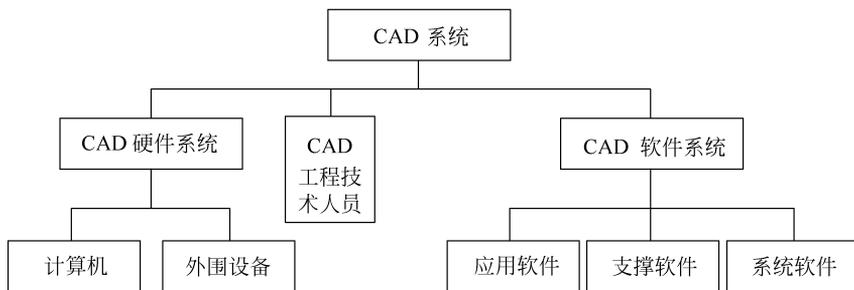


图 1-1 CAD 系统的基本结构

当今世界已经进入高技术革命的信息时代,我们正面临一场高科技竞争和新技术革命的挑战。谁拥有一流科技工程技术人员,谁就会在市场竞争中占有优势。新兴制造和加工业的挑战,实际上是对人才培养的挑战。

CAD 系统的软件部分可分为操作系统软件、支撑软件和应用软件三个层次,它们之间的关系如图 1-2 所示。

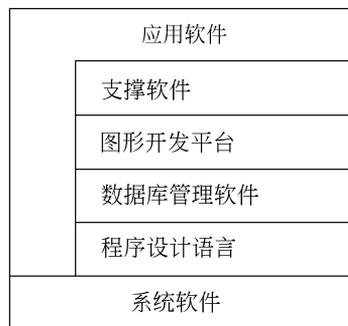


图 1-2 CAD 软件系统的层次结构

### 1.3.1 系统软件

系统软件是使用、管理、控制计算机运行的程序集合,是用户与计算机硬件的连接纽带。系统软件首先为用户使用计算机提供一个简洁实用的友好界面,其次尽可能使计算机系统的各种资源得到充分合理的利用。系统软件有两个特点:一个是通用性,不同领域的用户都可以使用它;另一个是基础性,即系统软件是支撑软件和应用软件的基础,应用软件要借助系统软件编制与实现。系统软件主要包括两部分:操作系统和语言编译系统。

#### 1. 操作系统

操作系统是系统软件的核心,是管理计算机软件、硬件资源的程序集合,是指挥计算机运行和管理用户作业的软件系统,是用户与计算机硬件之间的接口。它具有五项基本功能,即内存分配管理、文件管理、外部设备管理、作业管理和中断管理。操作系统密切依赖计算

机系统硬件,把计算机硬件组织成为一个协调一致的整体。它对计算机资源实施有效的管理和控制,提供良好的操作环境,使用户的任务能有效完成。如 Windows 支持绝大多数应用软件,或者说绝大多数应用软件都是在这一平台上运行的。用户通过操作系统使用计算机,任何程序需要经过操作系统分配必要的资源才能执行。

操作系统按照功能和工作方式分为单用户、实时、分时、网络 and 分布式、批处理操作系统六类。微机上使用的 DOS(disk operating system)就是一种单用户、单任务的操作系统,Windows 是一种单用户多任务管理系统。工作站上一般使用 UNIX,是一种多用户分时操作系统,用户以会话的方式工作,因此又称为多用户交互式操作系统。实时操作系统是较少由人工干预的监控系统,其特点是事件驱动设计,要求足够快的速度、足够高的可靠性完成对事件的处理,尤其是对信息的处理和过程的监控。分布式操作系统管理由多台计算机组成的分布式的系统资源。批处理操作系统是把要执行的程序和所需要的数据一起输入计算机,然后逐步执行,努力使作业流程自动化。

用于小型机的操作系统有 UNIX 和 XENIX。用于微机和工作站的操作系统较多,现在最常用的有 Windows、UNIX 等。

## 2. 语言编译系统

语言编译系统用于将高级语言程序翻译成计算机能够直接执行的机器语言指令。从功能角度,可以将高级语言划分为程序设计语言、数据库语言、仿真语言、人工智能语言等。

(1) 程序设计语言。常用的程序设计语言有 VB、VC、C++、Delphi、FoxPro 等。

(2) 数据库语言。数据库语言主要包括数据描述语言(data description language, DDL)、数据操纵语言(data manipulation language, DML)以及一组例行程序。

(3) 仿真语言。常用的仿真语言有 GPSS(general purpose simulation system)、SLAM(simulation language for analogue modelling)和 SIMSCRIPT 等。GPSS 是对离散时间系统的一种仿真语言,仿真模型采用一组标准方块图来表示逻辑结构,根据流程写出相应的 GPSS 源程序。SLAM 是适用于离散事件系统、连续系统和离散-连续混合系统的仿真语言,它将事件调度和进程交互两种策略结合形成统一的建模框架,目前应用十分广泛。SIMSCRIPT 是一种非语言建模仿真语言,仿真模型由前言、主程序和事件进程子程序三部分组成,采用自然式句法定义模型,程序易于表达和阅读。

(4) 人工智能语言。人工智能语言是知识处理语言,用于决策、规划、预测、诊断等,常用语言有逻辑程序语言(programming in logic, PROLOG)和符号处理语言(list processing, LISP)等,其特点是数据和程序结构统一、允许递归。

### 1.3.2 支撑软件

CAD 系统的功能和效率在很大程度上取决于支撑软件的性能。CAD 系统的支撑软件是 CAD 系统的核心技术,它不针对具体设计对象,为用户提供工具或开发环境。不同的支撑软件依赖特定操作系统,是各类应用软件的基础。支撑软件是由软件开发商提供的 CAD 基本功能软件,通常可从软件市场买到。支撑软件包括以下功能软件。

## 1. 二维绘图软件

二维绘图软件侧重于二维图形绘制工作。AutoCAD 软件属于这一类支撑软件。它提供各类二维绘图所需要的功能命令支持,并提供强大的二次开发工具供不同专业开发应用软件。

## 2. 三维几何造型建模软件

三维几何造型建模软件为用户提供一个完整、准确描述和显示三维几何形体的方法和工具,具有消隐、着色、浓淡处理、实体参数计算、质量特性计算等功能。微机版本的三维几何建模软件系统有 Cimatron、SolidWorks、MDT、Inventor、SolidEdge 等。

## 3. 有限元分析软件

有限元分析软件是利用有限元法进行结构分析的软件,可以进行静态、动态、热特性分析,通常包括前置处理(单元自动划分、显示有限元网格等)、计算分析以及后置处理(将计算结果形象化为变形图、应力应变色彩图以及应力曲线图等)几部分。目前商业化有限元分析软件系统有 NASTRAN、ANSYS、SAP、ABAQUS 等。

## 4. 优化设计软件

优化设计软件将优化设计理论和技术用于工程设计领域。优化设计软件综合各种优化设计计算方法,为解数学模型提供强有力的数学求解工具,使工程人员可以选择最优方案,取得最优解。

## 5. 数据库系统软件

数据库系统在 CAD 系统中占有极为重要的地位,是有效存储、管理、使用数据的软件系统。在集成化 CAD/CAM 系统中,数据库管理系统能够支持各个子系统间的数据传递与共享。工程数据库系统是 CAD/CAM 系统和 CIMS 系统中的重要组成部分。目前比较流行的数据库管理系统有 SQL Server、Oracle、FoxPro、Access 等。

## 6. 系统运动学/动力学模拟仿真软件

仿真技术是一种建立真实系统的计算机虚拟模型技术。利用模型分析系统,在产品的设计时,实时模拟产品生产或机构运行全过程,预测产品性能、产品制造过程和产品可制造性。动力学模型可以仿真、分析、计算在质量特性和力学特性作用下,系统运动和力的动态特性;运动学模型可以根据系统的机械运动关系来仿真计算系统的运动特性。这类软件和模块插件在 CAD/CAE 技术领域得到广泛应用,如 ADAMS 机械系统动力学自动分析软件。

## 7. CAD/CAM 集成软件

CAD/CAM 集成软件是一种将几何建模、三维绘图、有限元分析、产品装配、公差分析、机构运动学分析、动力学分析、NC 辅助编程等功能系统集成为一体的集成软件系统。整个软件系统各个模块之间由数据库系统进行统一的数据管理和传送,使各个分系统之间全相

关,支持并行工程,并且提供产品数据管理功能,从文件管理到过程管理都纳入有效的管理机制,为用户建造一个统一界面风格、统一数据结构、统一操作方式的工程设计环境,协助用户完成大部分工作,而不用担心各个功能分系统间的数据传输闲置、结构不统一等问题。这类软件功能极其强大,规模宏大,价格昂贵,但由于其具有集成性、先进性、可靠性,受到越来越普遍的重视。著名的 CAD/CAM 集成软件系统有 UG、CATIA、Pro/Engineer、I-DEAS、Cimatron 等。

## 8. 支持网上远程协同设计软件系统

局域网、因特网的技术发展和安全性技术研究,推动了远程网络系统、人力资源在异地 CAD 工程应用中的协同设计制造技术的使用。目前,已经有多种软件系统推出协同设计功能软件系统和工具,如 SolidWorks 推出的 e-Drawing 工具等。

### 1.3.3 应用软件

应用软件是在系统软件和支撑软件的基础上,用高级语言进行编程,针对某一个专门应用领域而开发的标准、高效、专业的功能软件。这类软件专业性强、内容丰富,也是在 CAD 系统建设中研究、开发应用投入最多的方面。由于它的针对性强,要求较高的、扎实的专业应用基础技术和知识,因此最早期的商品化应用软件不是很多,而且价格特别昂贵。此项工作通常称为软件的二次开发。随着 CAD 软件技术的发展,应用软件与支撑软件之间的界限渐渐模糊,软件开发商往往集合起来各个专业化领域中的工程技术人员共同参与 CAD 软件系统的开发,逐渐丰富和完善商品化 CAD 软件的专业功能,使得商品化集成 CAD 软件系统的功能更加接近用户的需要。

机械 CAD 系统是工程技术与计算机技术相结合的综合性产物。机械 CAD 软件系统的应用软件应具有以下功能:

- (1) 能够切实可行解决具体工程问题,给出直接用于设计的最终结果;
- (2) 符合规范、标准和工程设计中的习惯;
- (3) 充分利用计算机系统的软件资源,具有较高的效率;
- (4) 具有较好的设备无关性和数据存储无关性,便于运行各类硬件环境,并可与不同软件连接;
- (5) 使用方便,具有良好的人机交互界面;
- (6) 运行可靠、维护简单、便于扩充,具有良好的再开发性。

## 1.4 CAD 系统硬件平台的演变

由于使用要求不同,CAD 系统基本配置有所不同。CAD 系统的类型可按系统功能分,也可按系统硬件配置分。按系统功能一般分为通用型和专用型 CAD 系统。通用型 CAD 系统功能适用范围广,其硬件和软件配置丰富。而专用型 CAD 系统是实现某些特殊功能的系统,其硬件和软件配置相对简单,但要符合特殊功能的要求。

硬件系统是 CAD 系统的物质基础和技术保证,软件系统是它的核心和灵魂,它决定了系统所具有的功能。CAD 技术的发展与计算机硬件技术的发展水平息息相关。CAD 系统作为计算机应用系统的一个重要分支,伴随着计算机和网络硬件技术的发展而演变了多种类型的系统平台。网络技术的发展为 CAD 技术和功能的扩展提供了广阔的发展空间。

### 1.4.1 CAD 硬件系统的演变

按组成 CAD 系统所用的计算机系统的发展阶段,CAD 系统经历了以下几种类型的演变:

#### 1. 大型机 CAD 系统

早年的 CAD 软件系统只有采用大容量存储器和强大计算功能的大型通用计算机系统作为主机,别无选择。一台计算机主机连接几十台甚至几百台图形终端、字符终端及其他图形输入设备构成的工作终端,如图 1-3 所示,这类 CAD 系统称为 CAD 主机系统。该系统采用功能较强的大型计算机为主机,配置多个图形终端,供多用户使用,用户之间可实现资源共享。其具有一个大规模数据库,可以对整个系统的数据实行综合管理和维护。但是如果主机 CPU 失效,则所有用户都不能工作,随着计算机总负荷的增加,系统响应速度也会明显降低。

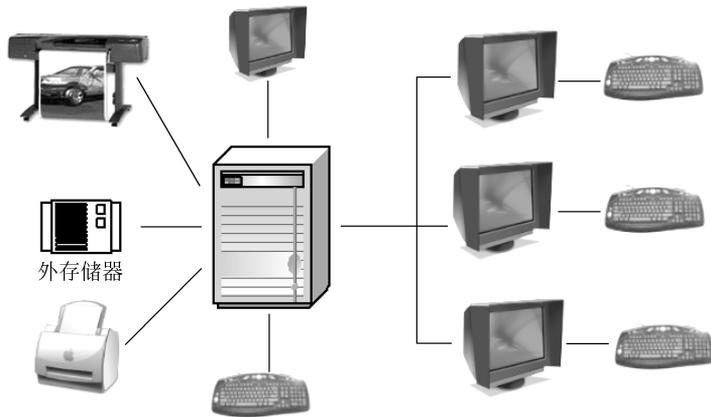


图 1-3 CAD 主机系统

大型机主机系统硬件成本很高,一般中小型企业难以承受,作为 CAD 系统的最早期的用户都是飞机制造、汽车制造和船舶制造等大型公司。早期有代表性的 CAD 主机有:DEC 公司的 VAX8800 和 VAX9000 系列,IBM 公司的 43XX 和 3090E 系列大型机。这类系统往往装备功能强大的 CAD/CAM 系统应用软件。早期有代表性的 CAD 系统应用软件有美国洛克希德公司的 CADAM、美国麦道与道格拉斯公司的 UGII 以及法国达索公司的 CATIA 等。

#### 2. 小型机 CAD 系统

伴随着小型计算机系统的出现,CAD 系统采用小型通用计算机作为主机,分时控制各

个工作终端,如图 1-4 所示为小型机系统的工作场景。生产、制造这类系统的厂商很多,如美国的 CV、Intergraph、Calma、Application、Autotrol、Unigraphics 等公司。这类系统大致分为两种类型: CV 公司开发了一种全封闭系统,其硬件和软件紧密捆绑,CADDS 4 系统就是其典型代表。随着计算机硬件技术的发展,另有一些厂商,如 Intergraph、Application、Unigraphics、Calma 等公司,采用与 CV 公司不同的策略:它们选择小型通用计算机作为 CAD 系统的硬件平台,如 VAX 和 Micro-VAX 计算机等,同时它们自行研制和生产配套一些专用图形处理设备和高性能的图形显示器。为这类系统安装 CAD 系统软件移植性好,用户有较大的主动权,因而,软件研制者不必在硬件生产上分散精力。这种理念成为后来 CAD 系统开发应用的趋势,带动了几乎所有的 CAD 软件开发公司向具有兼容性的硬件环境、软硬分离的方向发展。

随着这类小型机 CAD 系统的深入使用,人们逐渐发现其存在的局限性,如系统计算能力差、扩充能力受到限制,不同系统的数据存储格式影响不同系统间的数据交换。20 世纪 80 年代中期,分布式工作站的问世和异种机之间联网技术的发展,促进了这种独立系统向开放式系统发展,而系统使用的软件也逐步向工业标准方向靠拢。



图 1-4 小型机 CAD 系统的工作场景

### 3. 工作站级 CAD 系统

随着计算机硬件技术的进一步发展,20 世纪 80 年代初,32 位的工作站问世。以工作站为基础的 CAD 系统与分时系统的小型机 CAD 系统不同,一台工作站只能一人使用,并且具有联网功能。其处理速度很快,一般能赶上或超过传统的小型 and 中型计算机的速度,如 Sun Sparc 系列工作站的 CPU(central processing unit)处理速度达到 28.5MIPS(million instructions per second, MIPS 为单位,表示每秒处理百万个指令),它比 IBM 4381 和 VAX780 小型机的处理速度高几倍到几十倍。当前某些高档工作站的处理速度更高,已经达到甚至超过早期小巨型机的水平。这类工作站一般都采用 RISC 技术和开放系统的设计原则,用 UNIX 作为操作系统。

工作站级 CAD 系统的结构模式如图 1-5 所示,系统为单用户单任务环境。通常配置一个图形终端——高分辨率图形显示器,以保证对操作命令的快速响应。随着网络技术的发展,工作站级 CAD 系统长盛不衰,成为 CAD 系统的主力机型,在中小型企业中得到了广泛的应用。

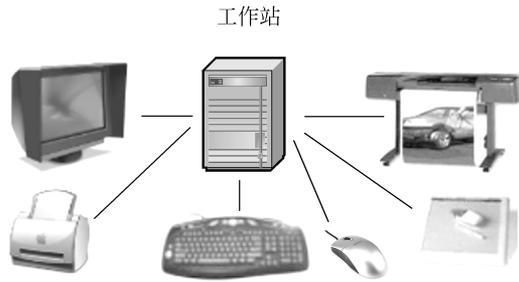


图 1-5 工作站级 CAD 系统

#### 4. 微型个人计算机(PC)级 CAD 系统

随着硬件技术的飞速发展,微型个人计算机性能不断提高,硬件价格大幅度下降,成为用户群最广泛的机种;随之而来的网络技术向实用化发展,以微机组成的 CAD 系统受到低端用户的青睐。Intel 公司奔腾系列 CPU 芯片的出现,使微机的运行速度大大提高,而且内存芯片容量不断扩大,图形显示器分辨率日益增加,硬盘速度和容量急速扩大。早期的奔腾系列微机,配上相应的微机版 CAD 软件与图形输入/输出设备(如图 1-6 所示),构成一套功能可观的微机 CAD 系统。Cimatron 95 率先在 486 微型计算机上实现了 CAD/CAM 功能开发和运行,标志着 CAD 微机化时代的到来,使得 CAD 应用技术快速地在很多领域中得到普及。

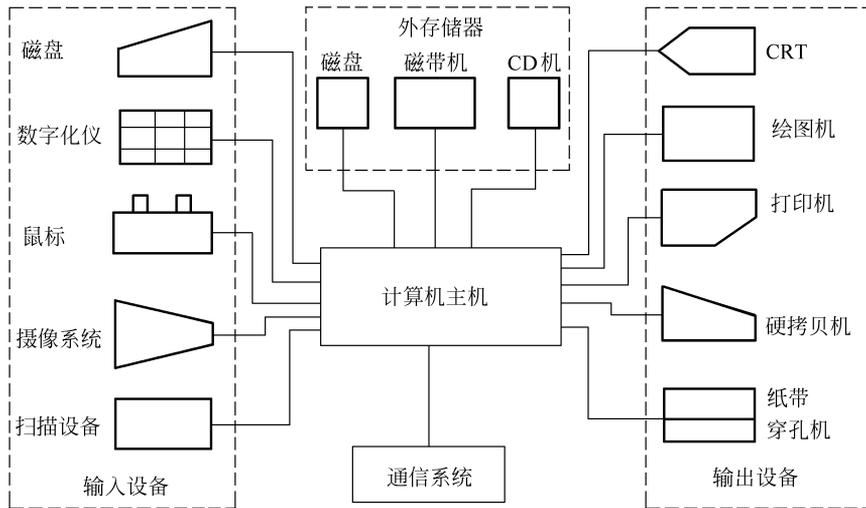


图 1-6 微型机 CAD 系统

随着微机性能的不断f提高,尤其是高性能 CPU 的问世,微型计算机的速度、性能等各方面指标得到了极大提升,且价格越来越低。基于微机的丰富 CAD 软件资源为 CAD 用户提供了强有力的技术支持。

#### 5. 局域网络(虚拟网联)CAD 系统

网络技术的开发,LAN 和 WAN 网络、Internet 和 Intranet 技术的实用化发展,使微机